

2점형 다이아몬드 인터체인지에서의 교통량 수준을 고려한

교차로 간격산정 및 운영 효율화 방안에 관한 연구

A Study on Estimation Intervals of Intersections and Operation Efficiency Method by Level of Volume at Conventional Diamond Interchanges

김 철 기

(명지대학교 석사과정)

손 영 태

(명지대학교 교수)

목 차

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구방법

II. 이론적 고찰

1. 다이아몬드 인터체인지의 특징
2. 부도로의 좌회전 차로 길이 산정 방법

III. 각 대안별 분석

1. 분석방법
2. 대안의 설정
3. 대안의 분석

IV. 결론

참고문헌

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

다이아몬드형 인터체인지는 다른 입체교차형식에 비해 그 구조가 간단하고 공사비가 저렴하여 도시부 도로 및 일반 국도의 교차부에 많이 적용되고 있다. 하지만 부도로에 인접한 두개의 평면교차로가 존재하므로 많은 교통량을 처리하는데 한계가 있고, 부도로에서 주도로로 진입하려는 좌회전 교통량은 평면교차로 사이의 짧은 공간에서 대기해야 하므로 교통량이 많은 경우에는 spillback 현상을 초래하기도 하고 이로 인하여 교차로의 용량이 감소되고 주도로에도 악영향을 끼칠 수 있다. 또한 좌회전 교통량의 대기공간을 길게 설계할 경우, 평면교차로간의 거리가 증가하게 되고 다이아몬드형 인터체인지의 전체면적이 늘어나 공사비가 증가하는 문제가 있다. 이처럼 좌회전 교통량과 대기공간은 다이아몬드형 인터체인지의 용량과 효율적 운영을 위한 중요한 요인임에도 불구하고 명확한 지침이 없는 현실이다. 입체교차로

설계지침¹⁾에는 다이아몬드 인터체인지를 부도로의 설계속도와 기하구조에 따라 대형, 보통형, 소형으로 구분하고 각각의 좌회전 교통량과 그에 따른 적정 좌회전 차로의 길이를 제시하고 있지만 그 길이가 현실적인 측면에서 일반적인 다이아몬드 인터체인지의 규모를 참고해 보았을 때 과다하게 산정된 면이 있어서²⁾ 지침으로서의 기능이 부족하다고 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 2점형 다이아몬드 인터체인지를 설계함에 있어 현실성 있고 보편적인 기준을 세우는데 도움을 주고 좌회전 교통량 비율에 따른 적정 현시를 제시하여 2점형 다이아몬드 인터체인지 부도로의 운영 효율화를 도모하였다.

2. 연구방법

본 연구는 입체교차로 설계지침에서 대형으

1) 건설교통부 (2005. 12)

2) 좌회전 차로의 길이가 대형의 경우 200m, 보통형의 경우 180m 로 산정됨

로 분류되는 다이아몬드형 인터체인지(부도로의 설계속도 70km/h, 양방향 4차로)를 대상으로 방향별 회전교통량의 수준을 고려하여 부도로에서 주도로로 진입하는 좌회전 교통량 비율을 변화시켜 가면서 신호현시를 고려한 좌회전 대기차로의 적정길이를 산정하고 또한 방향별 교통량의 변화에 따른 신호운영 방향을 제시하였다.

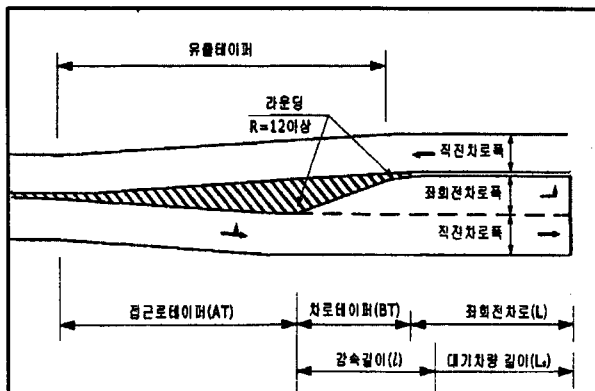
II. 이론적 고찰

1. 다이아몬드 인터체인지의 특징

다이아몬드형 인터체인지는 네 갈래 교차 인터체인지의 대표적 형식의 하나이다. 이 형식은 가장 단순한 형이기 때문에 필요한 용지가 가장 적게 들고 건설비도 타 형식에 비하여 저렴하며 교통의 우회거리도 가장 짧아 경제적으로 유리한 장점이 있다. 그러나 접속도로와의 연결로 접속부분에서 생기는 평면교차부에서의 도로 교통용량이 작아지며 연결로의 선형이 직선형 이어서 유출입 연결로의 길이나 경사계획시 충분히 여유있는 설계를 하지 않으면 사고 발생의 원인이 되기 쉽다. 또한 근접한 2개소의 평면교차로가 있어 잘못된 진입이 발생하기 쉬우므로 적절한 표지를 설치하는 것이 요구되며, 특히 이와 같은 위험을 배제하기 위해 평면 교차부에서 교통섬을 설치, 도류화 하는 방법을 권장하고 있다.

2. 좌회전 차로 길이 산정 방법

좌회전 차로를 구성하는 요소로는 접근로 테이퍼, 차로 테이퍼, 유출 테이퍼, 좌회전 차로 등이 있고 다음 <그림 1>과 같다



<그림 1> 좌회전 차로의 구성 (평면교차로 설계지침 2004. 12)

접근로 테이퍼는 직진 자동차들이 자연스러운 진행을 하도록 하면서 좌회전 차로를 설치할 공간을 확보하게 하는 역할을 한다. 접근로 테이퍼의 설치는 우측으로 평행이동되는 값에 대한 거리의 비율이 되며 다음 <표>는 접근로 테이퍼의 최소 설치기준을 나타낸 것이다.

<표1> 접근로 테이퍼의 최소 설치기준

설계속도(km/시)	30	40	50	60	70	80	
테이퍼율	기준값	1/20	1/30	1/35	1/40	1/50	1/55
	최소값	1/8	1/10	1/15	1/20	1/20	1/25

차로 테이퍼는 좌회전 차량을 직진차로에서 좌회전 차로로 유도하는 기능을 한다. 차로 테이퍼의 설치 폭에 대한 길이의 변화비율로 사용하며 그 최소비율은 폭과 길이의 비율을 설계속도 50km/시 이하에서는 1:8, 설계속도 60km/시 이상에서는 1:15를 사용한다.

좌회전 차로의 길이는 다음의 공식에 의해서 구해진다.

$$L = (1.5 \times N \times S) + (l - T)$$

여기서,

L : 좌회전 차로의 길이

N : 좌회전 자동차의 수 (신호 1주기당 또는 비신호 2분간 도착하는 회전 자동차)

S : 대기하는 자동차의 길이

l : 감속길이

T : 차로 테이퍼 길이

감속길이 l 은 감속도 $2.0m/s^2$ 을 기준으로 산정하지만 시가지 지역 등에서는 $3.0m/s^2$ 까지 사용가능하다.

<표2> 설계속도에 따른 감속길이(l)

설계속도(km/시)	30	40	50	60	70	80	비고
기준치(m)	20	30	50	70	95	125	$2.0m/s^2$
최소치(m)	15	20	35	45	65	80	$3.0m/s^2$

III. 각 대안별 분석

1. 분석방법

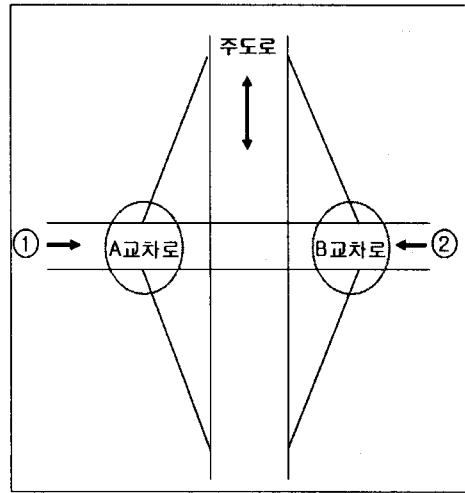
다이아몬드 인터체인지의 주도로에서 부도로로 유출하는 연결로의 좌회전 교통량을 용량을 고려하여 250대/시 와 350대/시의 두 가지 경우로 나누어 각각 시나리오 1과 2로 하고, 부도로의 좌회전 교통량 비율을 10~30%로 변화시키고 우회전 교통량 비율은 좌회전 교통량보다 인터체인지의 용량에 미치는 영향이 더 적으므로 10~20%로 가감하며 10개의 Case를 선정하였다. 부도로의 교통량비율을 제외한 다른 조건들은 신호교차로의 이상적인 조건을 적용하였으며 연결로에서의 우회전 교통량은 각 시나리오 별로 같은 값을 적용하여 우회전 교통량의 차이에 의해 분석 결과에 영향을 미치지 않도록 하였다. 또한 각 시나리오는 양방향 직진 신호가 포함되는 현시와 그렇지 않은 현시로 나누어 최적 주기를 구하고, 그에 따른 한 주기당 좌회전 교통량으로 적정한 좌회전 대기차로의 길이를 산정했다. 최적 주기는 일반적으로 많이 쓰이는 90초~180초 사이에서 분석하였다.

AADT는 입체교차로 설계지침에서 제시한 43000대/일(양방향)을 사용하여 FDDHV(침두설계시간교통량)을 구했으며 설계시간계수 K 값은 도시부 도로의 평균값인 0.13)을 적용하였고, 중방향 교통량 비는 양쪽의 접근교통량이 같다고 가정하여 0.5를 사용하고 PHF는 0.95로 가정하여 FDDHV는 2264대/시로 산정되었다.

각각의 대안에 FDDHV 값을 곱하여 대안별 실 적용 교통량을 구했고 각 값을 입력하여 교차로 현시의 최적화 작업을 수행하였다.

2. 대안의 설정

대안은 교통조건과 신호조건으로 나누어 선정하였고 교통조건에는 각 접근로별 좌회전, 직진, 우회전 비율이 포함되어 있고 신호조건은 양방향 직진 신호의 유무에 따라 두가지 조건으로 나누었다.



<그림2> 다이아몬드 교차로의 모식도

1) 교통조건

주도로에서 유출되는 연결로의 좌회전 교통량이 250대 350대 인 경우를 각각 대안 1, 2로 선정하고 부도로의 접근로별 회전차량 비율에 따라 10개의 세부대안으로 선정하였다. 다이아몬드 인터체인지의 용량에 더 큰 영향을 주는 요인인 좌회전 비율을 10~30%, 그보다 영향력이 적은 우회전 비율은 10~20%로 변화시켰다.

<표3> 대안 1의 Case

구분	① 접근로			② 접근로		
	좌	직	우	좌	직	우
1-1안	10%	80%	10%	10%	80%	10%
1-2안	10%	70%	20%	10%	70%	20%
1-3안	15%	75%	10%	15%	75%	10%
1-4안	15%	70%	15%	15%	70%	15%
1-5안	15%	65%	20%	15%	65%	20%
1-6안	20%	70%	10%	20%	70%	10%
1-7안	20%	65%	15%	20%	65%	15%
1-8안	20%	60%	20%	20%	60%	20%
1-9안	30%	60%	10%	30%	60%	10%
1-10안	30%	50%	20%	30%	50%	20%

3) 도시부 도로 : 0.8~1.2
지방부 도로 : 1.2~1.8











<표4> 대안 2의 Case

구분	① 접근로			② 접근로		
	좌	직	우	좌	직	우
2-1안	10%	80%	10%	10%	80%	10%
2-2안	10%	70%	20%	10%	70%	20%
2-3안	15%	75%	10%	15%	75%	10%
2-4안	15%	70%	15%	15%	70%	15%
2-5안	15%	65%	20%	15%	65%	20%
2-6안	20%	70%	10%	20%	70%	10%
2-7안	20%	65%	15%	20%	65%	15%
2-8안	20%	60%	20%	20%	60%	20%
2-9안	30%	60%	10%	30%	60%	10%
2-10안	30%	50%	20%	30%	50%	20%









2) 신호조건

신호조건은 양방향 직진 신호가 있을 경우와 없을 경우, 두 가지로 나누어 비교할 수 있도록 하였다.

<표5>현시1. 양방향 직진 신호가 있을 경우

	A 교차로	B 교차로
1		
2		
3		
4		
5		

<표6>현시2. 양방향 직진신호가 없을 경우

	A 교차로	B 교차로
1		
2		
3		
4		

3. 대안의 분석

각각의 Case의 비율에 FDDHV(침투설계시간 교통량)을 곱하여 대안별 실제 적용 교통량을 구했다.

<표7>각 대안별 적용 교통량

	① 접근로			② 접근로		
	좌	직	우	좌	직	우
1-1안	226	1811	226	226	1811	226
1-2안	226	1585	453	226	1585	453
1-3안	340	1698	226	340	1698	226
1-4안	340	1585	340	340	1585	340
1-5안	340	1472	453	340	1472	453
1-6안	453	1585	226	453	1585	226
1-7안	453	1472	340	453	1472	340
1-8안	453	1358	453	453	1358	453
1-9안	679	1358	226	679	1358	226
1-10안	679	1132	453	679	1132	453
2-1안	226	1811	226	226	1811	226
2-2안	226	1585	453	226	1585	453
2-3안	340	1698	226	340	1698	226
2-4안	340	1585	340	340	1585	340
2-5안	340	1472	453	340	1472	453
2-6안	453	1585	226	453	1585	226
2-7안	453	1472	340	453	1472	340
2-8안	453	1358	453	453	1358	453
2-9안	679	1358	226	679	1358	226
2-10안	679	1132	453	679	1132	453

연결로의 교통량은 시나리오 1이 좌회전 250대/시, 우회전 300대/시, 시나리오 2가 좌회전 350대/시, 우회전 300대/시로 연결로의 우회전 교통량을 같게 하여 우회전 교통량에 의해 용량에 영향을 미치지 않도록 하였다.

1) 부도로 운영효율화 방안에 대한 분석 결과

<표8> 시나리오 1 분석결과

Case	현시1		현시2	
	최적주기 (초)	지체시간 (초)	최적주기 (초)	지체시간 (초)
1-1안	100	38	150	125.8
1-2안	100	36.4	145	104.3
1-3안	105	43.9	150	102.2
1-4안	105	42.7	145	92.3
1-5안	100	41.7	135	81.3
1-6안	115	49.8	140	81.3
1-7안	105	47.9	120	74.2
1-8안	100	47	120	65
1-9안	135	65.1	120	59.5
1-10안	135	64.4	110	52.5

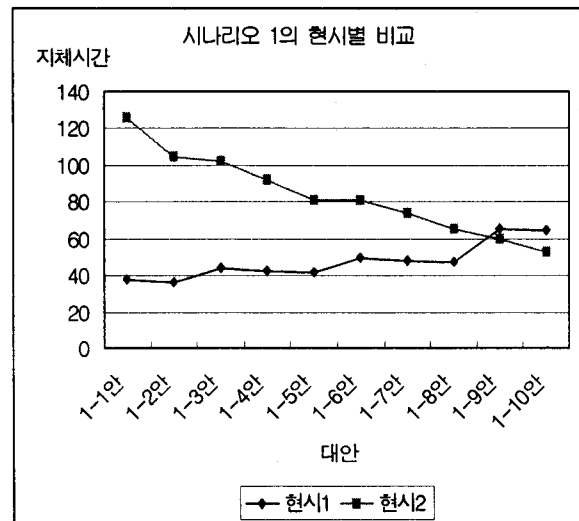
<표9> 시나리오 2 분석결과

Case	현시1		현시2	
	최적주기 (초)	지체시간 (초)	최적주기 (초)	지체시간 (초)
2-1안	110	46.7	140	147.1
2-2안	100	41.8	125	124.7
2-3안	110	51	130	121.2
2-4안	105	49.6	125	111.5
2-5안	95	47.6	125	100.7
2-6안	115	57.6	120	99.6
2-7안	105	52.9	125	89.8
2-8안	100	52.1	120	80.2
2-9안	125	77.4	110	70.9
2-10안	130	76.2	100	61.2

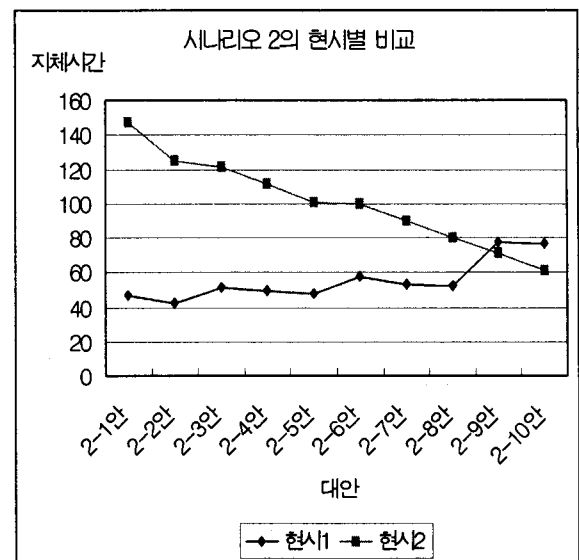
시나리오 1과 시나리오 2를 비교해보면 모든 대안들에 있어서 시나리오 1의 지체시간이 적게 나왔다. 이는 주도로에서 부도로로 유출하는 차량중 좌회전 하는 차량이 많아져 좌회전 현시가 길어짐으로써 다른 이동류의 현시가 상대적으로 줄어들어 지체가 증가한 것으로 분석되었다. 또한 현시별로 비교해 보았을 때, 좌회전 비율이 적을 경우에는 양방향 직진 신호가 있는 현시 1의 경우가 지체시간이 적게 나왔고 좌회전 비율이 30% 이상일 경우에는 직좌신호를 적용한 현시 2의 지체시간이 적었다. 그리고

좌회전 교통량의 비율이 적고, 직진 교통량의 비율이 높을 때에는 현시 2의 지체시간이 월등하게 큰 결과를 보이는데 이는 직좌 동시 신호 하에서 직진 교통량의 지체시간이 크게 증가한 것 때문이다. 따라서 좌회전 비율이 30% 이하 일 경우에는 현시 1을 사용하고 좌회전 비율이 30% 이상일 경우에는 현시 2를 적용하면 다이아몬드 인터체인지의 효율적인 부도로 신호 운영방안이라 사료된다.

<표10> 시나리오 1의 현시별 비교



<표11> 시나리오 2의 현시별 비교



2) 적절한 좌회전 대기차로 길이 산정에 관한 분석 결과

각 시나리오 별로 최적주기를 고려하여 주기당 좌회전 차량 대수를 구하고 평면교차로 좌

회전 차로 길이를 구하는 공식을 이용하여 좌회전 대기차로의 길이를 산정해 보았다.

	현시1		현시2	
	주기당 좌회전 차량대수	좌회전 대기차로 길이	주기당 좌회전 차량대수	좌회전 대기차로 길이
1-1안	6	106.6	9	134.9
1-2안	6	106.6	9	132.07
1-3안	10	139.14	14	177.35
1-4안	10	139.14	14	173.10
1-5안	9	134.9	13	164.61
1-6안	14	180.18	18	208.48
1-7안	13	168.86	15	185.84
1-8안	13	163.2	15	185.84
1-9안	25	279.23	23	253.76
1-10안	25	279.23	21	236.78

<표13> 시나리오 2 분석결과

	현시1		현시2	
	주기당 좌회전 차량대수	좌회전 대기차로 길이	주기당 좌회전 차량대수	좌회전 대기차로 길이
2-1안	7	112.26	9	129.24
2-2안	6	106.6	8	120.75
2-3안	10	143.39	12	160.37
2-4안	10	139.14	12	156.12
2-5안	9	130.65	12	156.12
2-6안	14	180.18	15	185.84
2-7안	13	168.86	16	191.5
2-8안	13	163.2	15	185.84
2-9안	24	262.25	21	236.78
2-10안	25	270.74	19	219.8

좌회전 대기차로의 길이를 산정해 본 결과⁴⁾ 현시 1인 경우에 좌회전 차량 비율이 10%면 약 100m, 20%일 때는 약 160m 이고 30%일 때는 200m 이상으로 결과가 도출되었고 현시 2의 경우에는 좌회전 차량 비율이 30%인 경우를 제외

4) 감속길이는 95m, 차로 테이퍼 길이는 45m로 각각 인터체인지 설계지침에서 제시한 값을 적용하였음

하고 모든 경우에 현시 1보다 더 큰 결과 값이 도출되었다. 좌회전 대기차로의 길이가 200m 이상이 된다면 두 평면교차로 간의 거리와 다이아몬드 인터체인지의 규모를 고려했을 때 현실성이 결여된 결과 값이라 생각되고, 좌회전 차량 비율이 30% 이상 인 경우에는 좌회전 차로수를 늘리거나 다른 입체교차 형식으로서의 변경 등의 대책이 필요한 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구에서는 다이아몬드 인터체인지의 부도로 존재하는 두 평면교차로의 방향별 회전 교통량의 수준을 고려하여 부도로에서 주도로로 진입하는 좌회전 교통량 비율을 변화시켜 가면서 신호현시를 고려한 좌회전 대기차로의 적정길이를 산정하고 또한 방향별 교통량의 변화에 따른 효율적인 신호운영 방안을 검토해 보았다. 그 결과 좌회전 교통량 비율이 30% 미만일 경우에는 양방향 직진 신호가 포함된 현시1의 평균지체시간이 더 적은 것으로 분석되었고 좌회전 교통량 비율이 30% 이상인 경우에는 직좌 동시신호를 사용한 현시2의 평균 지체시간이 더 적은 것으로 분석 되었다. 이는 좌회전 교통량 비율이 높을 때 양방향 직진 신호로 인해서 좌회전 교통량의 지체시간이 늘어났기 때문이다. 또한 직진 교통류의 비율이 높을 때는 현시 2의 지체시간이 크게 증가되는 것을 알 수 있는데 직좌 동시신호로 인해서 직진 차량의 대기시간이 증가했기 때문이다. 좌회전 대기차로 길이 산정에 있어서도 좌회전 교통량 비율과 현시에 따라 100m에서 270m 까지 다양한 결과가 도출되었는데 좌회전 대기차로의 길이 200m 이상은 현실적으로 다이아몬드 인터체인지의 평면교차로 사이에 적용할 수 없는 것이라 생각되며 이때에는 좌회전 대기차로수를 늘리는 등의 개선방안이 필요한 것으로 판단된다. 이 연구 결과를 활용하여 좌회전 차량 비율에 따른 적정 대기차로 길이를 확보하여 차량의 안전성을 증대 시키고 다이아몬드 인터체인지의 용량을 극대화 시켜 차량 지체시간의 최소화와 부도로 평면교차로의 운영 효율화가 기대된다. 향후 다이아몬드 인터체인지의 보통형과 소형의 적정 좌회전 대기차로의 길이산정에 관한 연구를 진행하여 다이아몬드 인터체인지를 설계 할 때 기준이 될 수 있는 지침이 제공

되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 평면교차로 설계지침, 건설교통부 2004
2. 입체교차로 설계지침, 건설교통부 2005
3. 도로의 구조, 시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 건설교통부 2000
4. 도로 용량편람, 건설교통부 2001
5. 도로 설계요령, 한국도로공사 2001
6. 이종만, “연속류 교차로를 응용한 다이아몬드 인터체인지의 변형설계 및 운영기법 개발” 서울 시립대학교 박사학위 논문, 2005
7. 이재용, “도시간선도로에서의 인터체인지 성능 비교연구” 명지대학교 석사학위 논문, 2006
8. 구승완, “일반형 다이아몬드교차로(CDI)와 변형 다이아몬드 교차로(SPUI) 효율성 비교연구” 서울산업대 석사학위 논문, 2003
9. A POLICY on GEOMETRIC DESIGN of HIGHWAYS and STREETS, 2001
10. Transportation Research Record - Intersection and Interchange Design, No. 1385
11. Transportation Research Record - Geometric Design and the Effects on Traffic Operation, No. 1881

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설핵심 기술연구개발사업(05기반구축B02)의 지원으로 이루어졌습니다.